

Олег Оліх*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
м. Київ, Україна*

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ НА ТЕРМОЕМІСІЙНІ ПРОЦЕСИ В Mo/n-n⁺-Si СТРУКТУРАХ

В останні роки достатньо широка увага приділяється дослідженню можливості використання акустичних хвиль як активного інструменту впливу на характеристики напівпровідникових приладів. Наприклад, було виявлено, що ультразвук (УЗ) може викликати зміни властивостей бар'єрних напівпровідникових приладів, зокрема структур з бар'єром Шотки [1-3]. Зауважимо, що переважна більшість робіт у цьому напрямі присвячена залишковим ефектам дії УЗ, що з'являються в результаті тривалого та потужного акустичного впливу. Проте більш перспективним для практичного застосування з точки зору створення пристроїв функціональної електроніки є використання УЗ для оборотної зміни властивостей пристроїв під час їх роботи. На жаль, роботи, де вивчаються акусто-динамічні ефекти в діодах Шотки (ДШ) практично відсутні.

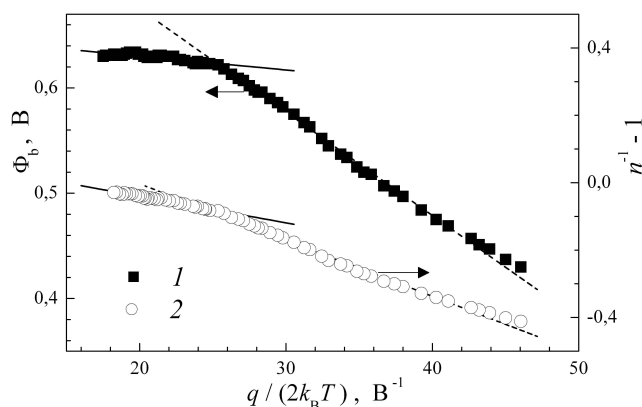


Рисунок 1 - Залежність величин Φ_b (1) та n^{-1} (2) від оберненої температури. Точки – експеримент, лінії – лінійна апроксимація в діапазонах 230–330 К та 120–220 К.

Досліджувані структури склалися з підкладки n⁺-Si:Sb (КЭС 0,01) товщиною 250 мкм та епітаксійного шару n-Si:P (концентрація носіїв $N_D = 1,3 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$, товщина 0,2 мкм), на поверхні якого шляхом нанесення шару молібдену створено контакт Шотки діаметром 2 мм. В роботі проводилися виміри вольт-амперних характеристик (ВАХ) ДШ в діапазоні температур 120-330 К та в умовах УЗ навантаження (УЗН) при кімнатній температурі.

При УЗН в зразках збуджувалися повздовжні хвилі з частотою $f_{us} = 9,6 \text{ МГц}$ та інтенсивністю $W_{us} < 0,7 \text{ Вт/см}^2$. Для визначення таких параметрів ДШ, як струм насичення I_s , висота бар'єру Шотки (ВБШ) Φ_b та фактор неідеальності n прямі ділянки ВАХ апроксимувалися за формулою

$$I = I_s \exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{nk_B T}\right) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{q(V - IR_s)}{k_B T}\right)\right], \quad (1)$$

де $I_s = AA^* T^2 \exp(-q\Phi_b / k_B T)$, R_s – послідовний опір, A – площа контакту, A^* – ефективна стала Річардсона.

На рис. 1 наведено отримані температурні залежності Φ_b та n . Подібні результати знаходять своє пояснення в темках теорії неоднорідного контакту бар'єру Шотки [4], згідно з якою мають виконуватися наступні співвідношення:

$$\Phi_b = \Phi_b^0 - q\sigma_\Phi^2 / (2k_B T), \quad (2)$$

$$(n^{-1} - 1) = \rho_2 - q\rho_3 / (2k_B T), \quad (3)$$

де Φ_b^0 – середнє значення ВБШ, σ_Φ – стандартне відхилення ВБШ, величина, що характеризує однорідність контакту, ρ_2 та ρ_3 – параметри, що описують зміну розподілу ВБШ при зміщенні.

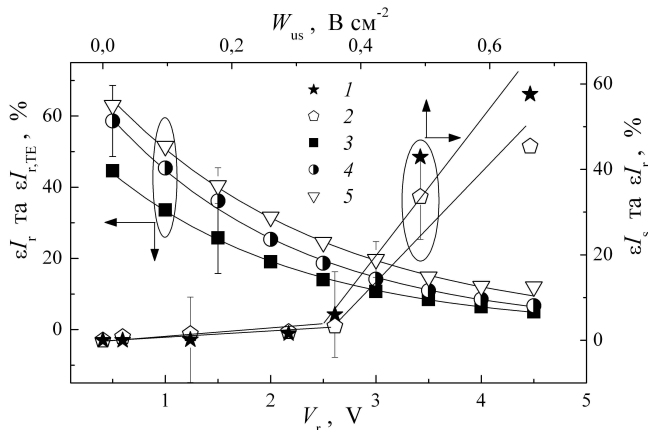


Рисунок 2 - Залежності відносних АІ змін струму насичення (I) та зворотнього струму при $V_r = 1$ В (2) від інтенсивності УЗН, а також залежності відносних АІ змін зворотнього струму (3, 4) та парціального внеску термоемісійної компоненти (5) від зворотнього зміщення. W_{us} , Вт/см²: 3 - 0.49, 4 - 0.66. $f_{us} = 9.6$ МГц, $T = 296$ К.

Експериментально виявлено, що в умовах УЗН відбувається зменшення ВБШ, яке досягає 13 мВ при $W_{us} \approx 0.66$ Вт/см². Ефект спостерігається при УЗН з $W_{us} > 0.35$ Вт/см². Зміна ВБШ має оборотній характер, значення параметру відновлюється приблизно через 10 хв після припинення УЗ впливу. Водночас встановлено, що величина фактору неідеальності при УЗН практично не змінюється. Як показують розрахунки, останнє свідчить про те, що УЗ модифікує величину саме Φ_b^0 , не впливаючи на σ_Φ . Причиною цього може бути акустоіндукована (АІ) іонізація дефектів, розташованих на границі метал-напівпровідник.

Аналіз температурних залежностей ВАХ показав, що зворотній струм I_r містить як термоемісійну складову $I_{r, TE}$, так і тунельну $I_{r, tun}$:

$$I_r(T, V_r = const) = I_{r, TE} + I_{r, tun} = CT^2 \exp[-E_r / (k_B T)] + I_{r, tun}. \quad (4)$$

Під дією УЗ зворотній струм зростає, причому амплітудні залежності зміни I_r дуже близькі до залежностей струму насичення – рис. 2. Крім того, при зміні зміщення V_r подібним один до одного чином змінюються величини АІ відносної зміни I_r та парціального внеску $I_{r, TE}$ (рис. 2, криві 3-5). Отже, причиною зміни зворотнього струму є зменшення ВБШ, в той час як на тунельну складову УЗН не впливає.

Таким чином, в даній роботі експериментально досліджено вплив УЗН при кімнатній температурі на параметри ДШ. Виявлено, що при поширенні акустичних хвиль спостерігаються оборотні зменшення ВБШ та збільшення зворотнього струму. Показано, що для УЗ дії характерна вибіркковість впливу на різні компоненти зворотного струму.

1. О.Я.Олих, Т.Н. Пинчук, ПЖТФ, **32**, 22 (2006).
2. М.В. Тагаєв, Укр. фіз. журн., **45**, 364 (2000).
3. И.Г. Пашаев, ФТП, **46**, 1108 (2012).
4. J.H. Werner, H.H. Guttler, J. Appl. Phys. **69**, 1522 (1991).